

明 細 書

プラズマ処理装置およびプラズマ処理方法

技 術 分 野

本発明は、マイクロ波と磁界とによるECR（電子サイクロトロン共鳴）を利用してプラズマを発生させ、そのプラズマに基づいて例えば半導体ウエハ等の基板に対して処理を行うためのプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法に関する。

背 景 技 術

ECRを利用したプラズマの処理装置は、真空処理室内に例えば2.45GHzのマイクロ波を導波管を介して供給すると同時に、例えば875ガウスの磁界を例えば電磁コイルにより印加して、マイクロ波と磁界との相互作用（共鳴）でプラズマ生成用ガスを高密度プラズマ化し、このプラズマに基づいて、成膜処理やエッチング処理などを行うものである。

一方省スペース化、コストの低廉化などの要請から、複数のプラズマ処理装置を共通の搬送室に気密に接続し、この搬送室内の搬送アームにより各プラズマ処理装置にアクセスする装置が開発されている。図6はこの種の装置の外観を示す。なおこの明細書では、搬送室10に接続されているプラズマ処理装置1A、1Bをプラズマ処理ユニット、全体をプラズマ処理装置と呼ぶことにする。

各プラズマ処理ユニット1A、1Bは、小径の円筒体よりなる第1の真空室11及び大径の円筒体よりなる第2の真空室12を備えた真空処理室13と、第1の真空室11の頂部に図では見えないマイクロ波透過窓を介して接続され、マイクロ波を例えばTMモードで真空処理室13内に導くための導波管14と、この導波管14の基端部に設けられたマイクロ発振器14aとを備えている。搬送室10から第2の真空室12内の図では見えない載置台に搬送されたウエハWに対してプラズマにより処理が行われる。

導波管14は、第1の真空室11の上側に位置する末広がりの円錐形導波管15と、この円錐形導波管15の上に接続された円筒形導波管16と、この円筒形導波管16の側部に直角に接続された矩形導波管17とから構成される。図7

は、図6に示すプラズマ処理装置を上から見たときに、載置台上のウェハWと矩形導波管17との位置関係がどのようなになっているかを示す略解平面図である。ただし導波管14及びマイクロ波発振器14aは点線で示してある。図6及び図7に示すように一方のプラズマ処理ユニット1Aの矩形導波管17と他方のプラズマ処理ユニット1Bの矩形導波管17とはいずれもカギ形に構成されており、そして左右対称につまり搬送室10の水平方向の中心軸線L1に対して対称に配置されている。図7中10aは搬送アームであり、例えば搬送室10の外部で位置合わせされたウェハWをプラズマ処理ユニット1A、1Bの載置台に搬送する。

上述の装置は、ウェハWが位置合わせされているため、両プラズマ処理ユニット1A、1Bにおいて例えばウェハWの位置合わせ用のV字型の切れ込み（ノッチ）が搬送アーム10aの回転中心Pに向いている。一方両プラズマ処理ユニット1A、1Bの矩形導波管17は左右対称に位置されているため、ウェハWの向きに対する矩形導波管17の位置関係が異なっている。

ここでマイクロ波は矩形導波管17にてTEモードで伝播し、円筒形導波管16との接続部分にてTMモードに変換されるが、円筒形導波管16では電界強度分布が本来同心円状（電界の向きは直径方向である）であるはずが、実際には偏った分布になっている。図8はこの様子を模式的に示す図であり、図に記載してある番号①～⑤は、区画された領域の電界の強さを表わしている。なお番号①～⑤のうち小さいものほど電界が弱い。

そしてマイクロ波が載置台に向かうにつれて電界の偏りの程度は小さくなるが、ECRを起こすECRポイントにおいて電界の偏りが存在する状態で高密度のプラズマが発生するため、プラズマの密度分布（イオンや電子の密度の分布）も同心円状から偏ったものになる。このためウェハWから見てプラズマ密度の偏り方が両プラズマ処理ユニット1A、1Bの間で、異なることになるので、ウェハWの面内の処理の状態が異なってしまう。例えば成膜処理であれば膜厚分布が異なり、例えばエッチング処理であれば、溝の削り方のばらつき具合が異なってしまう。

このようにプラズマ処理ユニット1A、1B間で、マイクロ波のTMモードのズレの影響つまり電界強度分布の影響が異なり、その結果ウェハWの処理の状態

に差があると、例えば処理の状態が悪かった場合に原因の解析やその後の調整、改良が繁雑でやりにくくなり、また各ユニットの管理も難しくなる。

発明の開示

本発明は、このような事情の下になされたものであり、その目的は、基板に対する処理状態についてプラズマ処理ユニット間で差をなくすようにすることのできる装置および方法を提供することにある。

本発明は、基準点を有する基板を載置する載置台を有する真空処理室と、この真空処理室内に高周波を導入するための導波管とを有し、高周波によって処理ガスをプラズマ化し、そのプラズマに基づいて基板に対して処理するための複数のプラズマ処理ユニットと、これら複数のプラズマ処理ユニットと気密に接続され、一定の搬送方向をもって基板を載置台に搬送する搬送アームを有する共通の搬送室と、を備え、前記搬送室から基板を、基板の基準点が搬送アームに対して位置合せされた状態で前記載置台に搬送するプラズマ処理装置において、各プラズマ処理ユニット間で、導波管の搬送アームの搬送方向に対する位置関係が同一となっていることを特徴とするプラズマ処理装置である。

基板に対して行われる処理は、例えば成膜処理やエッチング処理である。

この発明によれば、基板の基準点が搬送アームに対して位置合せされ、各プラズマユニットの導波管の搬送アームの搬送方向に対する位置関係が同一となるので、プラズマ処理ユニット間で、基板の基準点に対する導波管の位置関係が同一となる。このため導波管から導入された高周波の電界強度分布に偏りがあって、それに基づくプラズマ密度に不均一性があっても、基板に対する電界強度分布の偏りの影響は、各プラズマ処理ユニット間で差がなくなる。これにより処理状態の解析や装置の改良を行い易い。

また本発明は、基準点を有する基板を載置する載置台を有する真空処理室と、この真空処理室内に高周波を導入するための導波管とを有し、高周波によって処理ガスをプラズマ化し、そのプラズマに基づいて基板に対し処理をするための複数のプラズマ処理ユニットと、これら複数のプラズマ処理ユニットと気密に接続され、一定方向の搬送方向をもって基板を載置台に搬送する搬送アームを有する共通の搬送室とを備えたプラズマ処理装置により基板に対して所定の処理を施す

プラズマ処理方法において、前記搬送室からプラズマ処理ユニットの載置台へ基準点を有する基板を搬送するとともに、前記載置台に載置される基板の基準点と前記導波管との位置関係を各プラズマ処理ユニット間で同一とする工程と、前記載置台に載置される基板の基準値と前記導波管との位置関係を各プラズマ処理ユニット間で同一とした状態で前記基板に対してプラズマ処理を行なう工程と、を備えたことを特徴とするプラズマ処理方法である。

図面の簡単な説明

図1は本発明の実施の形態に係るプラズマ処理装置を示す概観図である。

図2はプラズマ処理装置の一部であるプラズマ処理ユニットを示す断面図である。

図3はプラズマ処理ユニットの導波管を示す斜視図である。

図4は上記のプラズマ処理装置における平面的なレイアウトを示す略解平面図である。

図5は電界強度分布とウェハの位置とを対応させて示す説明図である。

図6は従来のプラズマ処理装置を示す概観図である。

図7は従来のプラズマ処理装置における平面的なレイアウトを示す略解平面図である。

図8は電界強度分布が同心円から偏っている状態を示す説明図である。

発明を実施するための最良の形態

図1は本発明の実施の形態に係るプラズマ処理装置の全体構成を示す概観図である。このプラズマ処理装置は、真空容器である搬送室2と、この搬送室2に気密に接続された複数例えば2個の同一構造のプラズマ処理ユニット3A、3Bとを備えている。

プラズマ処理ユニット3A、3Bの構造について図2を参照しながら説明する。図2において、符号31は真空処理室であり、この真空処理室31は小径の円筒状の第1の真空室32と、大径の円筒状の第2の真空室33とを有している。第1の真空室32内には、周方向に沿って均等に配置したプラズマガスノズル30が突出して設けられている。第2の真空室33内には、リング状のガス供給部34が設けられており、ガス供給管35から導入された成膜ガスがガス供給部

34から真空処理室31内に供給される。

また第2の真空室33内には、基板である半導体ウエハWを載置するための載置台4が設けられており、この載置台4には、ウエハWにイオンを引き込むためのバイアス電圧が印加されるように高周波電源70が接続されている。第2の真空室33の側壁にはゲートバルブ21により開閉される搬送口22が形成され、第2の真空室33はこの搬送口22を介して搬送室2に気密に接続されている。36は排気管である。

第1の真空室32の周囲及び第2の真空室33の下部には、夫々磁界形成手段として主電磁コイル41及び補助電磁コイル42が設けられており、これら電磁コイル41及び42によって真空処理室31内に所定形状の磁束の流れを形成し、ECRポイントにて875ガウスの磁界を形成するようになっている。

一方真空処理室31の上端面はマイクロ波を透過するための円盤状の誘電体からなる透過窓37により構成されており、この透過窓37の上面には、第1の真空室32内に例えば2.45GHzのマイクロ波をTMモード例えばTM01モードで供給するための導波管5が設けられている。この導波管5は、図2及び図3に示すように、矩形導波管51の出口側の端部を円筒形導波管52の上部側の側部に直角に接続し、この円筒形導波管52の出口側（下端部）を下部側に向かって広がる円錐形導波管53の入口側（上端部）に接続して構成されており、矩形導波管51と円筒形導波管52との接続部分がTMモード変換器となっている。前記矩形導波管51の入口側は高周波電源部であるマイクロ波発振器54に接続されており、一方円錐形導波管53の出口側（下端側）は上述の透過窓37の上面に接続されている。図3は導波管5の一部を示す斜視図である。

そしてこの実施の形態の特徴とするところは、両方のプラズマ処理ユニット3A、3Bにおいて、導波管5が同一構造、つまり導波管5の大きさ及び長さが同一であり、かつ載置台4に決められた向きに置かれたウエハWに対する導波管5の位置関係が同一であることである。即ち円筒形導波管52及び円錐形導波管53の大きさ及び高さがいずれのプラズマ処理ユニット3A、3Bにおいても同じであり、矩形導波管51の構造、形状も同じである。更に図4に示すように平面形状で見たとき（上から見たとき）に載置台4の中心4aと搬送口22の間口

の中心22aとを結ぶ軸線M1、M2に対する矩形導波管51の位置関係が同一となっている。従来例として示したプラズマ処理装置では、両方のプラズマ処理ユニットの矩形導波管が左右対称に配置されており、この点本発明実施の形態は異なる。

なお図4において、符号61はZ軸まわりに回転自在かつ伸縮自在な多関節型の搬送アームであり、搬送室2内に設けられている。この搬送アーム61は搬送室2に接続された予備真空室62とプラズマ処理ユニット3A、3B内の載置台4との間でウェハWの受け渡しを行う。また63は大気雰囲気になされた搬送アーム、64はウェハWの位置合わせを行うための位置合わせ部の一部であるターンテーブルである。

ここで、ウェハWは位置合せ用のノッチ（V字の切り込み）100を有し、このノッチ100はウェハWの基準点として機能する。搬送室2内の搬送アーム61は、ウェハWのノッチ100を搬送アーム61に対して位置合せした状態でこのウェハWを搬送する。また搬送アーム61はウェハWを各プラズマユニット3A、3Bの載置台4へ搬送する際、一定の搬送方向をもって搬送する。このウェハWの搬送方向は載置台4の中心4aと、搬送口22の間口の中心22aとを結ぶ軸線M1、M2に一致している。

またウェハWのノッチ100を搬送アーム61に対して位置合せする作業は、上述したターンテーブル64および搬送アーム63により行われ、ターンテーブル64および搬送アーム63により位置合せ手段が構成される。

次に上述実施の形態の作用について成膜処理を行う場合を例にとって述べる。先ず図4に示す搬送アーム63が、図示しないカセットからウェハWを取り出し、位置合わせ部のターンテーブル64に受け渡し、ウェハWはここで向き及び中心位置が所定位置となるように位置合わせされる。次にウェハWは搬送アーム63から搬送アーム61に受け渡され、予備真空室62及び搬送室2を介して、ウェハWは搬送アーム61により例えば一方のプラズマ処理ユニット3Aの載置台4に一定の搬送方向（軸線M1）をもって搬送される。このときウェハWは、上述のように、予めターンテーブル64および搬送アーム63により、位置合わせ用のノッチ100が搬送アーム61の回転中心Pを向くように位置合わせされている。

なおウエハWの位置合わせ用の部位としてはノッチに限らずオリエンテーションフラットの場合もある。続いてゲートバブル21を閉じて内部を密閉した後、内部雰囲気を排出して所定の真空度まで真空引きし、プラズマガスノズル30から第1の真空室32内へ O_2 ガス及びArガス等のプラズマ発生用ガスを導入すると共に、ガス供給部34から第2の真空室33内へ SiH_4 ガスや SiF_4 ガスを導入して、内部圧力を所定のプロセス圧に維持し、かつマイクロ波発振器54からマイクロ波を導入して、ウエハWへの成膜処理を開始する。

マイクロ波発振器44からの2.45GHzのマイクロ波（高周波）は、矩形導波管51内をTEモードで伝送され、矩形導波管51と円筒形導波管52との接続部分でTMモードに変換される。そして円錐形導波管53内をそのままTMモードで伝送されて真空処理室31の天井部に至り、ここの透過窓37を透過して第1の真空室32内に導入される。この真空室32内には、電磁コイル41、42により発生した磁界が印加されており、磁束密度が875ガウスになるECRポイントにてこの磁界とマイクロ波との相互作用で（電界）×（磁界）を誘発して電子サイクロトロン共鳴が生じ、この共鳴によりArガスや O_2 ガスがプラズマ化され、かつ高密度化される。

第1の真空室32から第2の真空室33に流れ込んだプラズマ流は、ここに供給されている反応性ガスである SiH_4 ガスや SiF_4 ガスを活性化させて活性種を形成し、ウエハWに向かい、これによりウエハW表面に SiO_2 膜や $SiOF$ 膜が成膜される。なお次のウエハWは他方のプラズマ処理ユニット3Bに搬入され、同様に処理される。

上述実施の形態によれば、ウエハWはいずれのプラズマ処理ユニット3A、3Bにおいても、例えば搬送アーム61の回転中心側にノッチ100が向くように位置合せされ、各プラズマユニット3A、3Bの導波管5、5は搬送アーム61の搬送方向（軸線M1、M2方向）に対して一致している。このため一方のプラズマ処理ユニット3Aの導波管5及び他方のプラズマ処理ユニット3Bの導波管5のウエハWのノッチ100に対する位置関係が同一となる。また両方の導波管5の断面形状及び長さも同一である。従って導波管5から導入されたマイクロ波の電界強度分布に偏りがあって、それに基づくプラズマ密度に不均一性がある。

以上において矩形導波管 51 の平面形状は上述のようにカギ形であることに限らず例えば直線状に伸びていてもよい。またプラズマ処理は成膜処理に限らず、例えばプラズマガスノズル 30 から CF 系のガスを供給して SiO₂ 膜をエッチングしたり、塩化水素ガスを供給してアルミニウムなどをエッチングしたりする場合であってもよい。エッチングを行う場合においても、本発明によればエッチングムラの解析や装置の改良などを行い易いという効果がある。

以上のように本発明によれば、ECRを用いた複数のプラズマ処理ユニットを搬送室に接続した装置において、基板に対する処理状態についてプラズマ処理ユニット間で差をなくすようにすることができるので、例えば処理状態についての解析や装置の改良などを容易に行うことができる。

請 求 の 範 囲

1. 基準点を有する基板を載置する載置台を有する真空処理室と、この真空処理室内に高周波を導入するための導波管とを有し、高周波によって処理ガスをプラズマ化し、そのプラズマに基づいて基板に対して処理するための複数のプラズマ処理ユニットと、

これら複数のプラズマ処理ユニットと気密に接続され、一定の搬送方向をもって基板を載置台に搬送する搬送アームを有する共通の搬送室と、を備え、

前記搬送室から基板を、基板の基準点が搬送アームに対して位置合せされた状態で前記載置台に搬送するプラズマ処理装置において、

各プラズマ処理ユニット間で、導波管の搬送アームの搬送方向に対する位置関係が同一となっていることを特徴とするプラズマ処理装置。

2. 基板に対して行われる処理は、成膜処理であることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

3. 基板に対して行われる処理は、エッチング処理であることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

4. 基板の基準点を搬送アームに対して位置合せするための位置合わせ手段を更に備えたことを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

5. 各プラズマ処理ユニットは、搬送口を有して搬送室と接続され、搬送アームの搬送方向は、載置台の中心と搬送口の中心を結ぶ直線上にあることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

6. 各プラズマ処理ユニットは高周波と磁界による電子サイクロトロン共鳴を用いて処理ガスをプラズマ化することを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

7. 各プラズマ処理ユニットの導波管は、互いに同一長さおよび同一断面形状を有することを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

8. 基準点を有する基板を載置する載置台を有する真空処理室と、この真空処理室内に高周波を導入するための導波管とを有し、高周波によって処理ガスをプラズマ化し、そのプラズマに基づいて基板に対し処理をするための複数のプラ

前記搬送室からプラズマ処理ユニットの載置台へ基準点を有する基板を搬送するとともに、前記載置台に載置された基板の基準点と前記導波管との位置関係を各プラズマ処理ユニット間で同一とする工程と、

前記載置台に載置された基板の基準点と前記導波管との位置関係を各プラズマ処理ユニット間で同一として前記基板に対してプラズマ処理を行なう工程と、
を備えたことを特徴とするプラズマ処理方法。

[illegible]